

Sağlarlık ile Fiiller, İsimler ve Sıfatların İlişkilendirilmesi

Relating Affordances with Verbs, Nouns and Adjectives

Sinan Kalkan, Onur Yürüten, Erol Şahin

Bilgisayar Müh., Orta Doğu Üniversitesi, Türkiye. Email: skalkan,yuruten,erol@ceng.metu.edu.tr

Özetçe —Dilde kullanılan fiil, isim ve sıfat gibi kelime kategorilerini robotun çevresi ile olan algı-motorsal etkileşimlerinden öğrenme ve kavramlama, bilişsel robotik için önemli konulardan birisidir. Bu makalede, robotun öncelikle çevresindeki nesnelerin sağlarlıklarını öğrendiği, ve daha sonra, bu sağlarlıkları kullanarak fiil, isim ve sıfat kategorilerini ve kavramlarını öğrendiği yaklaşımımızı özetleyeceğiz.

Anahtar Kelimeler—

Abstract—Learning and conceptualizing words categories such as verbs, nouns and adjectives in language based on sensorimotor interactions of a robot is a challenging topic in cognitive robotics. In this article, we summarize our approach that is based on first learning affordances of objects by interacting with them, and then, learning and conceptualizing verbs, nouns and adjectives from these interactions.

Keywords—*affordances, language, verbs, adjectives and nouns*

I. GİRİŞ

Yakın gelecekte, evimizde, sokakta ve işyerlerimizde robotlarla içiçe yaşayacağız ve bunun önündeki en önemli engellerden bir tanesi, insan-robot iletişimi. İletişim, belirli sembollerin (kelimelerin) belirli bir düzen içerisinde alış-veriş ile sağlanır, ancak, asıl sorun, bu sembollerin iletişim kuran taraflarca aynı anlamı taşımasıdır. Bir başka deyişle, sembollerin tekabül ettiği anlamları vardır, ve bu anlamların “tasarımcı” tarafından mı verilmesi gerektiği, yoksa etmenin kendisinin mi öğrenmesi gerektiği tartışmalıdır. Onlarca yıldır devam eden bu tartışma ve elde edilen yeni veriler sonucunda, artık sembollerin anlamlarının etmenin çevresi ile algı-motorsal etkileşimleri sonucunda oluşturması gerektiği kanısı yaygın kabul görmektedir [1], [2], [3], [4], [5].

A. Kategori, Kavram, Dil

Psikologlar, *kategori*yi benzer özelliklere sahip elemanlar kümesi, *kavram* ise, bir kategori içerisindeki elemanların taşıdığı bilginin gösterimi olarak tanımlamaktadır [2]. Bir kavram, bir sembol ile ilişkilendirilmenin dışında, bir **soyutlamadır** ve gözlemlenen herhangi bir öğenin hangi kategoriye ait olduğunun belirlenmesinde de kullanılır [6]. İnsanların kavramları nasıl oluşturduğu yönünde farklı görüşler mevcuttur [7], [8] ve bir çoğuna göre, insanlar, farklı görevler için farklı

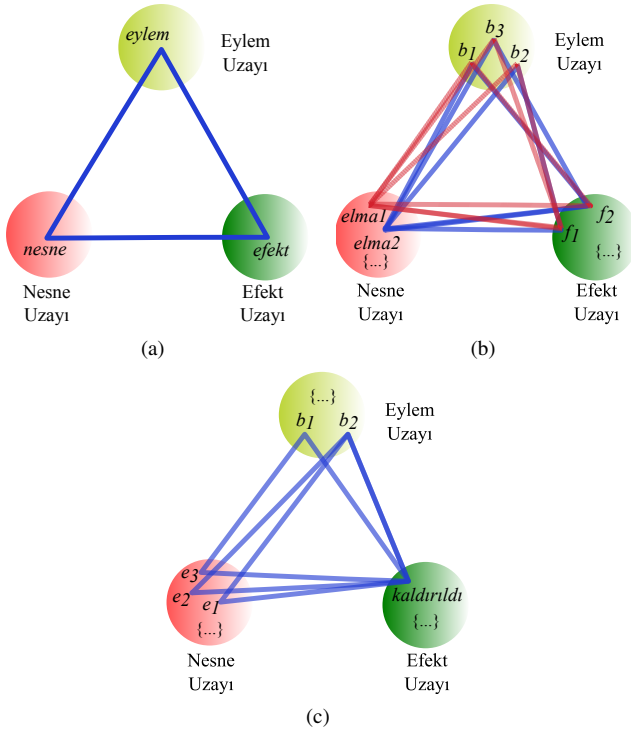
kavramlama yöntemleri ile oluşturulmuş kavramlar kullanmaktadır [9]. Literatürde yaygın olarak bahsedilen ve insanlar tarafından kullanıldığı düşünülen kavramlama yöntemleri şunlardır:

- **Kural-tabanlı kavramlama:** Bu yaklaşımda, kavramlar katı eşiklerle belirlenmiş kurallar kümesi olarak tanımlanır. Örneğin, “renk = sarı VE $10cm < boy < 12cm$ ” gibi kurallar ile öğelerin taşıdığı özellikler ifade edilir. Bu yaklaşımda, bir öğenin hangi kategoriye ait olduğu, öğenin özelliklerinin hangi kategorinin kurallarını sağladığına göre belirlenir.
- **Prototip-tabanlı kavramlama:** Bu yaklaşımda, kavramlar, kategori içerisindeki tüm öğelerin ortak yönlerinin bir nevi özeti diyebileceğimiz prototipler ile gösterilir. Bu yoğunlaştırılmış gösterimde, örneğin, “renk = %40 sarı, %30 mavi, %30 siyah” gibi özelliklerin *tutarlı* olanlarının dağılımı ifade edilir. Bir öğenin hangi kategoriye ait olduğu ise, öğenin özelliklerinin prototipe uyup uymadığı ile belirlenir.
- **Örnek-tabanlı kavramlama:** Bu yaklaşımda, kavramlar, kategorilerdeki tüm öğeler ile ifade edilir. Herhangi bir gösterim çıkarılmaz. Bir öğenin hangi kavrama ait olduğu ise, o öğenin tüm kategoriler içerisindeki tüm öğeler ile kıyaslanması ile, en benzer öğeyi içeren kategori olarak belirlenir.

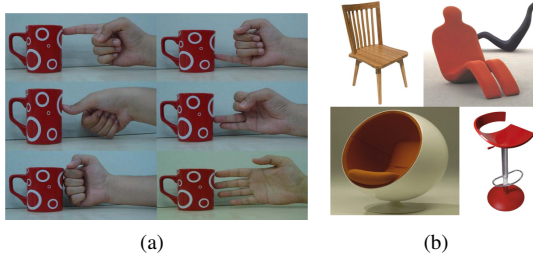
B. Robotlar ve sağlarlık

Gibson, bir etmenin çevresini hangi temellere dayanarak algıladığını incelemek için *sağlarlık* fikrini ortaya attı [10] ve sağlarlığı, bir çevrenin sağladığı eylem olanakları olarak tanımladı. Literatürde Gibson’ın fikirlerinin farklı yorumlamaları ve robotik çalışmalarında farklı uygulamaları ve formalizasyonları mevcuttur (detaylı tartışma için bkz. [11]).

Bu çalışmada, Şahin ve arkadaşları tarafından önerilen yaklaşım temel alınmıştır, ki bu yaklaşımda sağlarlık, bir nesne *e*, bir eylem *b* ve eylemin nesne üzerindeki etkisi *f* arasındaki bir ilişkidir (Şekil 1(a)). Bu türden bir adet bir ilişki, sağlarlık öğrenmek için yeterli değildir. Ancak, nesneler ile etkileşim sonucu elde edilecek bu türden çok sayıda ilişki üzerinden elde edilecek benzerlik sınıfları, nesnelerin sağlarlıklarını verebileceği gibi, nesneler ve eylemler üzerinden soyutlama yapılmasına da olanak sağlar (Şekil 1(b,c)).



Şekil 1: (a) Sağlarlık ilişkisi. Sağlarlık ilişkileri üzerinden nesnelere ait kavramlar (b) ve eylemler üzerinden fiil kavramları (c) elde edilebilir.



Şekil 2: (a) “İtmek” fiili ile ilişkilendirilebilecek farklı eylemler. (b) Birbirinden görünüm olarak çok farklı ama aynı işleve sahip nesneler.

C. Robotlarda eylemler üzerinden soyutlama

Robotik camiasında, fiil öğrenme çalışmaları genellikle tek bir eylemin tek bir fiile ilişkilendirilmesi ve bu ilişkilendirilmenin öğrenilmesi veya tanınması seviyesinde kalmıştır (örn. [12]). Ancak, bir fiil, birden fazla eylem ile ilişkilendirilebilir ve fiillere denk gelen kavramlar, eylemler üzerinde bir soyutlama olmalıdır (Şekil 2).

Bir önceki bölümde tanımladığımız sağlarlık kavramı üzerinden konuşmak gerekirse, bizim yaklaşımımız, eylemlerin oluşturdukları efekt üzerinden gruplanması (Şekil 1(c)) ve bu grup üzerinden elde edilen gösterimin (kavramın) fiiller ile ilişkilendirilmesidir.



Şekil 3: Kullandığımız nesneler (a-d) ve sıfatlar (e-j).

D. Robotlarda isim ve sıfat öğrenme

Robotik çalışmalarında nesne kategorileri (isim veya sıfat olarak) öğrenme genelde nesnelerin görünümünü kullanarak yapılmıştır [13], [14], [12], [15], [16] ve isim-sıfat kategorilerinin öğrenilmesinde nesnelerin sağlarlıklarının rolü ve isim-sıfat arasındaki farklılıklar incelenmemiştir.

II. ALTYAPI

Çalışmamızda, iCub insansı robotu kullandık. Robotun önünde bir masa vardı ve Kinect RGB-D kamerası ile robot masanın üzerindeki nesneleri algıladı. RGB-D görüntüsünden masa çıkarıldığında geriye kalan nokta kümeleri, nesneler olarak kabul edildi ve nokta kümelerinden şu öznitelikler çıkarıldı: 3B pozisyon, 3B boyut, yüzey normali histogramı, şekil indeksi histogramı ve nesnenin masada olup olmadığı bilgisi.

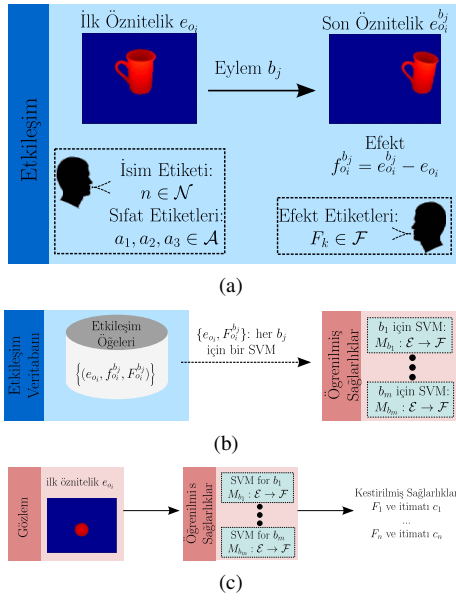
Çalışmamızda, *kupa*, *silindir*, *kutu*, *top* isim kategorileri ($\mathcal{N}$); *ince-kalın*, *yuvarlak-köşeli*, *kısa-uzun* sıfat kategorileri ($\mathcal{A}$) kullanıldı (Şekil 3). Robotu şu davranışlar kodlandı: $\mathcal{B} = \{sola-it, sağa-it, ileriye-it, kendine-çek, tepeden-tut, yandan-tut\}$. Robot, bu davranışları tüm nesnelere uyguladı ve her bir davranışın sonunda oluşan efekti gözlemledi (kaydetti). Robot, bu davranışları tüm nesnelere uyguladı, bu etkileşimler sonucu nesnelerin sağlarlıklarını öğrendi (Şekil 4(a-b)). Öğrenilen sınıflandırıcılar, özgün bir nesnenin sağlarlıklarını öğrenmek için kullanılmaktadır (Şekil 4(c)). Sınıflandırıcı olarak, Destek Karar Makinaları (SVM) kullanılmıştır.

III. FİİL KAVRAMLAMA

A. Yöntem

Robotun her bir etkileşimi sonucunda, oluşturduğu efektin ne olduğu bir insan tarafından etiketlenmiştir (Şekil 4(a)). Çalışmamızda, şu etiketler kullanılmıştır: $\mathcal{F} = \{sağa-itildi, sola-itildi, ileriye-itildi, kendine-çekildi, kayboldu, değişmedi, tutuldu, devrildi\}$. Bu etiketler bize, efekt kategorileri vermektedir.

Kategorileri kavramlamak için, şu üç yönemi kullanmaktayız:



Şekil 4: (a) Robot çevresi ile etkileşiyor. (b) Etkileşimleri sonucunda nesnelerin sağlıklarını öğreniyor. (c) Öğrenilmiş sınıflandırma mekanizmasını kullanarak, özgün bir nesnenin sağlıklarını tahmin edebiliyor.

- Prototip-tabanlı kavramlama (C_{EP}): Bu yöntemde, kategori içindeki tüm özniteliklerin ortalama ve sapma değerlerine bakıyoruz. Bu değerlere göre efekt özniteliklerini dört sınıfa ayırıyoruz: (1) tutarlı pozitif - "+": bu öznitelikler, tutarlı bir şekilde pozitif bir ortalama etrafında küçük bir sapma ile dağılmaktadır. (2) tutarlı negatif - "-": bu öznitelikler, tutarlı bir şekilde negatif bir ortalama etrafında küçük bir sapma ile dağılmaktadır. (3) tutarlı sıfır - "0": bu öznitelikler, tutarlı bir şekilde sıfır bir ortalama etrafında küçük bir sapma ile dağılmaktadır. (4) tutarsız - "*": bu öznitelikler, tutarsız bir şekilde, büyük bir sapma ile dağılmaktadır. Bu kategoriler, denetimsiz sınıflandırma ile bulunmaktadır. Prototipte, "+, -, 0, *" sembollerinin yanı sıra, ortalama ve sapma değerleri de tutulmaktadır. Prototiplerin ve bir öğenin prototiple karşılaştırılması için, "*" olmayan öznitelikler üzerinden Mahalanobis uzaklığı kullanılmaktadır.
- Naif-prototipli kavramlama (C_{NP}): Bu yaklaşımda, "+, -, 0, *" sembolleri kullanılmakta, sadece özniteliklerin ortalama ve sapma değerleri tutulmaktadır. Prototiplerin ve bir öğenin prototiple karşılaştırılması için, Mahalanobis uzaklığı kullanılmaktadır.
- Örnek-tabanlı kavramlama (C_{Ex}): Bu yaklaşımda, kategori içindeki tüm öğeler saklanmakta, ve prototiplerin ve bir öğenin prototiple karşılaştırılması için, en yakın öğeler arasındaki Öklid uzaklığı dikkate alınmaktadır.

İddia ediyoruz ki, bu kavramlar, fiillere denk gelen kavramlardır ve davranışlar üzerinde bir soyutlamadır. Bizce, bir fiil bir davranış değil, çevrede istenilen etkinin veya değişimin ifadesidir.

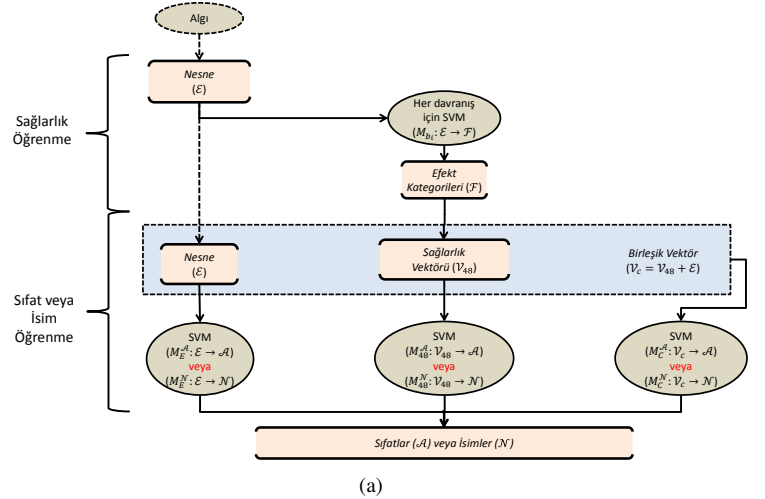
B. Deneysel Sonuçlar

Fiil kavramlama yöntemlerini, (i) gözlemlenen bir etkileşimin ne olduğunu anlama, ve (ii) çok-adımlı planlama açısından kıyasladık [17]. Yer kısıtlaması nedeniyle burada sunamayacağımız sonuçlarımıza göre, fiil kavramlama yöntemleri arasından prototip-tabanlı kavramlama (C_{EP}) en iyi sonucu vermektedir. Bunun en önemli nedeni, bu kavramlama yönteminin öznitelikleri sınıflandırarak, önemsiz öznitelik değişimlerini algılayarak, etkileşimler sırasında oluşan bu türden değişimleri gözardı edebilmesi ve önemli değişiklikler üzerinden daha anlamlı benzerlikler bulabilmesi ve planlar yapabilmesidir [17].

IV. İSİM VE SIFAT ÖĞRENME

A. Yöntem

İsim ve sıfat kategorilerini nesnelerin görünümünden ve sağlıklarından öğrenmek için üç farklı yöntem önerilmiştir (Şekil 5): (i) $\mathcal{M}_E$: nesnelerin görünümünden öğrenme. (ii) $\mathcal{M}_A$: nesnelerin sağlıklarından öğrenme. (ii) $\mathcal{M}_C$: nesnelerin görünümü ve sağlıklarından öğrenme.

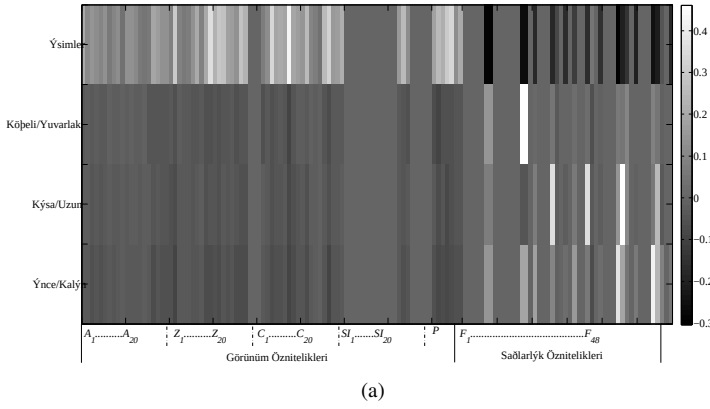


Şekil 5: İsim ve sıfat kategorilerini öğrenmek için kullanılan üç farklı yöntem.

B. Deneysel Sonuçlar

Kıyaslamamıza göre, isim-sıfat kategorileri öğrenme yöntemlerinin özgün nesneler üzerindeki performansı şu şekildedir [18]: İsim kategorileri, nesnelerin görünümü üzerinden daha iyi öğrenilmektedir; sıfat kategorileri ise, nesnelerin sağlıklarından daha iyi öğrenilmektedir. Bu beklenmedik sonuç, detaylı öznitelik analizi ile daha net görünmektedir (Şekil 6). ReliefF yöntemi [19] ile kategoriler için hangi özniteliklerin daha önemli veya alakalı olduğunu gözlemlediğimiz bu yöntemde göre de, isimler nesnelerin görünümünü, sıfatlar ise nesnelerin sağlıklarını kullanarak daha rahat öğrenilmektedir.

Bu beklenmedik sonuç, Psikoloji, Dilbilim ve Sinirbilimindeki bazı sonuçlar ve hipotezler ile desteklenmektedir. Dilbilimde, yeni bir çalışmada, sıfatların bir veya birkaç öznitelik üzerindeki değişimler ile ifade edilebileceği, ancak isimlerin daha



Şekil 6: ReliefF yöntemi ile elde ettiğimiz, hangi kategorinin hangi öznitelikleri daha alakalı bulduğunu gösteren katsayılar.

fazla öznitelikler ile tanımlanabileceği hipotezi öne atılmıştır [20]. Bizim çalışmamız da bunu desteklemektedir, çünkü, kullandığımız sınıflandırma yöntemler uzun-kısa v.b. sıfatlar için alakalı öznitelikleri, sayıca çok fazla, alakasız ve tutarsız bir şekilde değişen diğer öznitelikler arasından seçememekte ve öğrenememektedir. Sağlrlıklar üzerinden öğrenme, sıfat öğrenme problemi için bir ara-soyutlama sunmakta, bu sayede sıfat-öğrenmek problemi daha iyi sonuç vermektedir. Gelişimsel Psikolojide ise [21], çocukların sıfatları isimlere göre daha zor öğrendiği gözlemlenmiştir. Bazıları tarafından bu, sıfatların sözdiziliminin düzensiz olması nedeniyle ilişkilendirilse de, sıfatların soyutlanmasının daha zor olmasından dolayı olduğunu destekleyen görüşler de mevcuttur [21]. Sinirbilimciler tarafından yapılan yeni bir fMRI kayıtlarına göre ise [22], fiil ve isimler, beyinde birbirinden farklı bölgeleri aktif hale getirmekte, sıfatlar ise bu iki kategori arasında kalmaktadır. Yani, sıfatlar fiiller ile yer yer ortak bölgeleri aktif hale getirebilmekte, bu da sıfatların sağlrlıklardan daha rahat öğrenilebilmesi sonucunu desteklemektedir.

V. SONUÇLAR

Bu çalışmada, sağlrlık kavramının fiiller, isimler ve sıfatlar ile ilişkilendirilmesi üzerine son zamanlarda yaptığımız çalışmaları [23], [24], [18], [17] özetlemiş bulunmaktayız. Özetle, fiil kavramları, bir etekte neden olan davranışlar kümesidir ve kavramlama için efekt üzerinden prototip tabanlı bir yöntem iyi sonuçlar vermektedir. İsim-sıfat öğrenme problemi için ise, nesnelerin görünümü veya sağlrlıkları kullanılabilir. Şaşırtıcı bir şekilde, sıfatlar, nesnelerin sağlrlıkları; isimler ise, nesnelerin görünümü üzerinden daha iyi öğrenilmektedir; bu şaşırtıcı sonuç, Psikoloji, Dilbilim ve Sinirbilimi çalışmaları tarafından da desteklenmektedir.

VI. TEŞEKKÜR

Bu çalışma, kısmen 7. ÇP AB Projesi ROSSI (No: 216125) ve TÜBİTAK Projeleri (109E033 ve 111E287) tarafından desteklenmektedir.

KAYNAKÇA

[1] S. Harnad, "The symbol grounding problem," *Physica*, vol. D, no. 42, pp. 335–346, 1990.

[2] A. M. Borghi, "Object concepts and embodiment: Why sensorimotor and cognitive processes cannot be separated," *La nuova critica*, vol. 15, no. 4, pp. 447–472, 2007.

[3] A. Cangelosi and S. Harnad, "The adaptive advantage of symbolic theft over sensorimotor toil: Grounding language in perceptual categories," *Evolution of Communication*, vol. 4, no. 1, pp. 117–142, 2001.

[4] M. Fischer and R. Zwaan, "Embodied language: A review of the role of the motor system in language comprehension," *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, vol. 61, no. 6, pp. 825–850, 2008.

[5] V. Gallese and G. Lakoff, "The brain's concepts: The role of the sensory-motor system in conceptual knowledge," *Cognitive neuropsychology*, vol. 22, no. 3, pp. 455–479, 2005.

[6] L. Barsalou, "Perceptual symbol systems," *Behavioral and brain sciences*, vol. 22, no. 4, pp. 577–660, 1999.

[7] L. Gabora, E. Rosch, and D. Aerts, "Toward an ecological theory of concepts," *Ecological Psychology*, vol. 20, no. 1, pp. 84–116, 2008.

[8] E. Rosch, "Natural categories," *Cognitive psychology*, vol. 4, no. 3, pp. 328–350, 1973.

[9] M. Johansen and J. Kruschke, "Category representation for classification and feature inference," *Learning, Memory*, vol. 31, no. 6, pp. 1433–1458, 2005.

[10] J. J. Gibson, *The Ecological Approach to visual perception*. Lawrence Erlbaum Associates, 1986.

[11] E. Sahin, M. Çakmak, M. R. Doğan, E. Uğur, and G. Üçoluk, "To afford or not to afford: A new formalization of affordances toward affordance-based robot control," *Adaptive Behavior*, vol. 15, no. 4, pp. 447–472, 2007.

[12] A. Cangelosi and D. Parisi, "The processing of verbs and nouns in neural networks: Insights from synthetic brain imaging," *Brain and Language*, vol. 89, no. 2, pp. 401–408, 2004.

[13] P. Carbonetto and N. de Freitas, "Why can't jose read? the problem of learning semantic associations in a robot environment," in *The HLT-NAACL 2003 Workshop on Learning word meaning from non-linguistic data*, 2003, pp. 54–61.

[14] A. F. Morse, P. Baxter, T. Belpaeme, L. B. Smith, and A. Cangelosi, "The power of words," *Int. Conference on Epigenetic Robotics*, 2011.

[15] A. Petrosino and K. Gold, "Toward fast mapping for robot adjective learning," in *Dialog with Robots: 2010 AAAI Fall Symposium Series*, 2010.

[16] H. Dindo and D. Zambuto, "A probabilistic approach to learning a visually grounded language model through human-robot interaction," in *IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS)*. IEEE, 2010, pp. 790–796.

[17] O. Yuruten, "Formation of adjective, noun and verb concepts through affordances," Master's thesis, Middle East Technical University, Ankara, Turkey, 2012.

[18] O. Yuruten, K. F. Uyanik, Y. Caliskan, E. Bozcuoglu A. K., Sahin, and S. Kalkan, "Development of adjective and noun concepts from affordances on the icub humanoid robot," *12th International Conference on Adaptive Behaviour (SAB)*, 2012.

[19] I. Kononenko, "Estimating attributes: Analysis and extensions of relief," in *European Conference on Machine Learning*, F. Bergadano and L. D. Raedt, Eds. Springer, 1994, pp. 171–182.

[20] G. Sassoon, "Adjectival vs. nominal categorization processes: The rule vs. similarity hypothesis," *Belgian Journal of Linguistics*, vol. 25, no. 1, pp. 104–147, 2011.

[21] C. Sandhofer and L. B. Smith, "Learning adjectives in the real world: How learning nouns impedes learning adjectives," *Language Learning and Development*, vol. 3, no. 3, pp. 233–267, 2007.

[22] D. Liang, Y. Yang, S. Feng, and J. Li, "A fmri study on modifiers of noun by nouns, verbs and adjectives in chinese," *Applied Linguistics*, vol. 4, p. 13, 2006.

[23] N. Dağ, I. Atıl, S. Kalkan, and E. Şahin, "Learning affordances for categorizing objects and their properties," *IEEE International Conference on Pattern Recognition (ICPR)*, 2010.

[24] I. Atıl, N. Dağ, S. Kalkan, and E. Şahin, "Affordances and emergence of concepts," *10th International Conference on Epigenetic Robotics*, 2010.